

А. Н. ТЕРЯГОВА

ЦИФРОВОЙ ДВОЙНИК ДОСТУПНОЙ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ В РАМКАХ СОЦИАЛЬНО-ПРОСТРАНСТВЕННОЙ КОНЦЕПЦИИ «ЗДОРОВЫЙ ГОРОД»

DIGITAL TWIN OF ACCESSIBLE URBAN ENVIRONMENT
IN THE FRAMEWORK OF THE "HEALTHY CITY" SOCIO-SPATIAL CONCEPT

Рассматриваются актуальные аспекты формирования социально-пространственной концепции «Здоровый город» и ее основы в виде каркаса доступной городской среды. Опираясь на современные информационные технологии проектирования, эксплуатации и реконструкции элементов городской среды, изложены преимущества создания и использования цифровых двойников доступной городской среды в целом или ее фрагментов. Анализируются возможности современных систем мониторинга города, предлагается алгоритм мониторинга доступности городской среды для обеспечения города информацией о работе составляющих системы и интеллектом для быстрых реакций и принятия решений в различных ситуациях.

Ключевые слова: цифровой двойник, доступная среда, безбарьерная среда «Универсальный дизайн», мониторинг городской среды, средовые системы, информативность среды

Быстро меняющаяся реальность ставит перед людьми новые задачи по рационализации процессов жизнедеятельности. За короткий промежуток времени люди приняли такие понятия и явления, как «самоизоляция» и «социальная дистанция». Стремление к здоровому образу жизни и социальная ответственность перед обществом диктуют необходимость поиска новых, более совершенных механизмов организации средовых объектов и систем, внутри которых появятся новые формы взаимодействия между людьми. Во многом принятие ответственности со стороны создателей, творцов городской среды – урбанистов, градостроителей, архитекторов во взаимодействии с медиками, социологами, управленцами и населением, позволит сформировать новую социально-пространственную концепцию «Здоровый город». Опираясь на современные цифровые технологии проектирования, мониторинга и прогнозирования, возможно формирование нового, более безопасного, доступного и здорового городского пространства [1–3]. В этом заключается *гипотеза* данной работы.

Концепция «Здоровый город» как часть системы «Smart City» предполагает объединение

The current aspects of the formation of the socio-spatial concept of a "Healthy city" are considered. The basis of this concept is being studied – the framework of an accessible urban environment. Based on modern information technologies of design, operation and reconstruction of elements of the urban environment, the advantages of creating and using digital twins of an accessible urban environment are shown. The possibilities of modern city monitoring systems are analyzed. An algorithm for monitoring the accessibility of the urban environment is proposed to provide cities with information about the operation of the components of the system and intelligence for quick reactions and decision-making in various situations.

Keywords: digital twin, accessible environment, barrier-free environment "Universal design", monitoring of the urban environment, environmental systems, informative environment

в единую доступную пространственную сеть учреждений медицинского социального обслуживания систем и подсистем, обеспечивающих гражданам здоровый образ жизни, но также их отчетливое цифровое дублирование. Несомненно, что каркасом и пространственной основой «Здорового города» должна стать доступная для граждан различных категорий мобильности среда. Доступная, или безбарьерная среда – это среда, доступная всем членам городского сообщества, независимо от их возраста, состояния здоровья, степени социальной и физической активности; среда, не содержащая в себе физических или моральных преград, препятствующих активной жизнедеятельности людей, пребывающих в ней. Это многофункциональная среда, приспособленная для всех представителей городского сообщества и, в особенности, для нужд людей с ограниченными возможностями, позволяющая экономить, например, ограниченные силы пожилых людей, давая им возможность проявить свою трудоспособность в течение более длительного срока [4]. За двадцать прошедших лет подходы к формированию доступной для маломобильных граждан среды претерпели

ряд существенных трансформаций. Ключевым стал момент перехода от простого насыщения среды оборудованием и средствами доступности для людей с ограниченными возможностями к проектированию и планированию в соответствии с принципами Универсального дизайна. Совершенствование качественного подхода при проектировании и строительстве элементов системы доступной среды в России уже прошло несколько этапов становления.

Доступная среда городов развивается качественно – во времени, количественно – в пространстве. Можно выделить основные этапы развития этой средовой системы – *возникновение, эксплуатация, доформирование, реконструкция*. Последние два этапа находятся в замкнутом цикле, и для наиболее эффективного существования системы необходим постоянный мониторинг во взаимодействии с цифровым двойником. Цифровой двойник – это цифровое представление физического объекта или системы объектов. Идея цифровых двойников впервые была презентована в Мичиганском университете доктором Майклом Гривзом (Dr Michael Grieves) в 2012 г. Он предложил при помощи цифровой копии совершенствовать качество продукта и минимизировать производственные расходы [5]. Цифровой двойник каркаса системы «Здоровый город» позволит моделировать развитие городских территорий, работу подсистем – транспортной и пешеходной сети, инфраструктуры и объектов социального и медицинского обслуживания. Виртуальная многослойная модель в отличие от актуальных в настоящее время ГИС-систем носит не только информационный характер, она «дает возможность управлять всеми системами в соответствии с принятой стратегией развития, прогнозировать последствия предлагаемых изменений и является инструментом по поиску оптимальных решений» [6]. Цифровой двойник среды проходит те же этапы становления, что и сама средовая система, возникающая как BIM или CIM-модель на этапе проектирования. На этапах эксплуатации и реконструкции доступной средовой системы цифровой двойник поможет оценить не только амортизационный износ системы, оценить влияние на нее эколого-климатических воздействий, но и просчитать наиболее рациональные пути решения возникающих проблем [7]. Цифровой двойник существует в режиме online взаимодействия с пользователями реальной среды. Для этого уже сейчас имеется масса приложений, используемых как в России, так и за рубежом. Например Wheelmap и Smooth.

В современном обществе растет социальная осведомленность об уровне городской доступности. В последнее время появилась обширная законодательная база на всех ад-

министративных уровнях для создания доступных и социально инклюзивных городских пространств. Используемые до настоящего времени технологии создания городской среды служили для устранения имеющихся барьеров в городской среде. Однако опыта эксплуатации, модернизации и актуализации имеющихся систем доступности в настоящее время еще не сложилось. По-прежнему существует много препятствий для передвижения маломобильных граждан. Возможности, предоставляемые новыми технологиями, обеспечивают инновационные методы мониторинга и сохранения доступности городских пространств.

Грамотная эксплуатация элементов доступной городской среды подразумевает необходимость постоянного мониторинга их состояния [8].

Идеи сетевого мониторинга приобретают все большее значение в политических программах и инновационных программах развития.

Традиционно наиболее часто используемым методом получения информации о доступности городов является получение фактических данных – натурные наблюдения, аудиты, интервью, опросы и анкеты [9]. В настоящее время разработаны новые методики по получению этих данных от респондентов с использованием новых технологий и социальных сетей [10].

Чтобы грамотно решить проблемы доступности городской среды, было бы полезно знать основные тенденции в перемещениях маломобильных граждан. Наличие динамических знаний необходимо для проверки имеющихся трудностей с мобильностью граждан в созданной системе доступной городской среды или для принятия решений о корректирующих мерах.

Технологии слежения за гражданами при проектировании городов стимулируют различные исследования. Основные технологии, созданные для навигации и отслеживания движения, – это Глобальная навигационная спутниковая система (ГЛОНАСС) и Глобальная система позиционирования (GPS). Существуют еще четыре (наиболее крупные) системы: индийский IRNSS, европейский Галилео, японский QZSS, китайский Beidou.

С данных систем можно легко получить позицию на карте мира, поэтому в настоящее время они используются для ориентации водителей и пешеходов. Кроме того, теперь данные системы интегрируются во многие мобильные устройства.

С помощью этих технологий, имея представление о точном местоположении людей и траекторий, по которым они следовали в течение долгого времени, можно изучать их привычки и даже предсказывать их местоположение в определенное время суток.

Однако использование навигационных систем вызывает ряд вопросов, требующих рассмотрения. Среди них высокое энергопотребление и охват только городской среды (вне помещений).

Альтернативой спутниковым навигационным технологиям для сенсоризации движений граждан является использование радиотехнологий. Например технология радиочастотной идентификации (RFID) [11]. Эта технология состоит из двух типов элементов: антенны или считыватели, которые излучают сигнал, и приемники или метки, которые носят объекты и пользователи, которые его принимают. Он также широко используется для получения информации о местоположении, а также для отслеживания объектов и пользователей в помещении и на открытом воздухе.

Технология радиочастотной идентификации преодолевает некоторые недостатки, описанные для спутниковых навигационных систем, поскольку она работает в помещении и снижает затраты энергии. Однако её использование для отслеживания не дает точных данных о местоположении, поскольку они ограничены размещением антенн или других считывателей сигналов. Сфера применения этой технологии несопоставима с охватом GPS, так как она зависит от положения антенны и коэффициентов усиления, которые они используют.

Динамическая оценка эффективности системы доступности городской среды возможна путем получения информации о передвижении граждан по всему городу с помощью комбинации технологии навигационной спутниковой системы и дизайна интеллектуальных сенсорных сетей на основе интернета вещей, распределенной облачной архитектуры и собранного опыта граждан через приложения для интеллектуальных устройств [12]. Такой подход позволяет получать и анализировать динамические паттерны движения индивидов в соответствии с их типом инвалидности.

Данная информация позволит предлагать архитектурные и градостроительные мероприятия, направленные на устранение барьеров и актуализацию ранее предусмотренных планировочных мероприятий.

Системная архитектура «умного» мониторинга состоит из трех основных слоев, содержащих компоненты инфраструктуры и предоставление услуг (рис. 1):

- инфраструктура сбора данных о местоположении граждан;
- инфраструктура облачной поддержки;
- информационные службы городской доступности.

Компоненты сбора данных отвечают за считывание местонахождения пользователей

и отправку их в облачную инфраструктуру. Основные модули системы компонентов сбора данных о доступности городской среды представлены на рис. 2.

Алгоритм мониторинга доступности городской среды. Анализ качества участка среды для маломобильных групп населения проводится исходя из четырех основных критериев: доступность, безопасность, информативность, комфорт [13]. Комплексные исследования показателей по данным критериям в совокупности позволяют сделать вывод о возможности использования участка маломобильными гражданами различных категорий. Исследование в настоящее время осуществляется путем проведения натурных обследований, однако используемый алгоритм можно использовать и для ведения «умного» мониторинга, описанного ранее.

Транспортно-пешеходная доступность среды для МГН на участке определяется из ряда критериев. Анализируются следующие составляющие среды:

- пешеходные пути на участке (ширина, продольный и поперечный уклоны, разница отметок с проезжей частью, качество и характер покрытий, наличие разворотных площадок при ширине тротуара менее 2,0 м;
 - пересечение транспортных и пешеходных путей (наличие бордюрных съездов и их соответствие нормативным требованиям);
 - остановки общественного транспорта (расстояние до остановки от исследуемого участка, соответствие размещения остановки общественного транспорта требованиям доступности для МГН);
 - перепады уровней на участках пешеходных путей (разница отметок между уровнями;
 - наличие лестниц (размеры ступеней, покрытие ступеней, ширина маршей);
 - наличие пандусов, их длина, ширина, уклон, габариты промежуточных площадок, размер площадки перед пандусом;
 - оборудование лестниц и пандусов поручнями, их размеры, форма, высота установки, соответствие требованиям; парковочные места для транспорта МГН (расстояние до входов в жилые и общественные здания, габариты парковочных мест, количество парковочных мест).
- Безопасность на участке среды оценивается не только возможностью получения травм для маломобильных пользователей, но и возможностью нанести вред окружающим, своему или чужому имуществу. Критерий безопасности среды оценивает также вероятность истощения физических сил из-за использования элементов архитектурно-пространственной среды. В безопасной среде пользователь своевременно распознает и реагирует на зоны

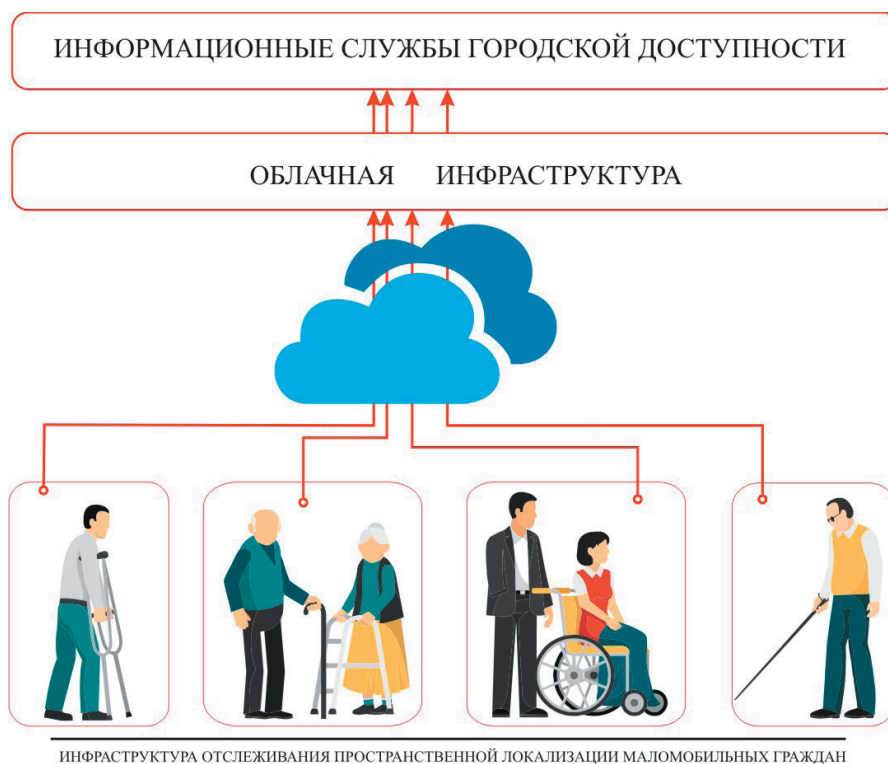


Рис. 1. «Архитектура» мониторинга доступности городской среды в системе Smart Cities

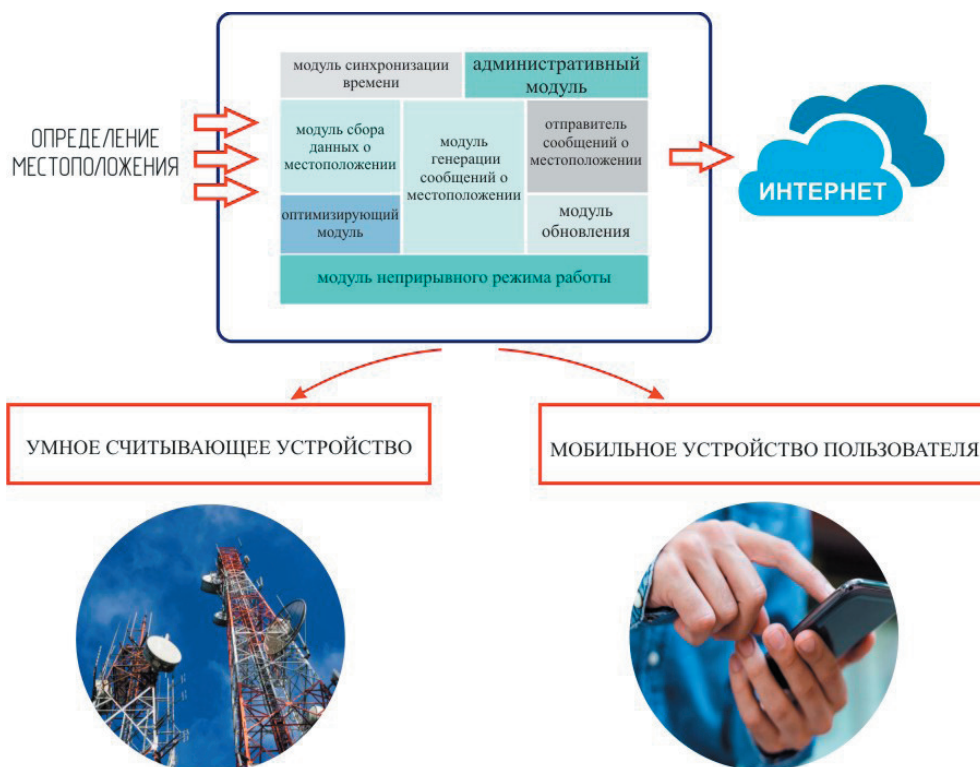


Рис. 2. Система компонентов сбора данных

риска, исключаются ложные эффекты восприятия среды.

Безопасность среды для МГН на участке определяется по следующим критериям:

- оборудование системами безопасности (наличие камер видеонаблюдения, систем мониторинга, наличие «тревожных» кнопок, возможности оперативного вызова помощи);

- выделение опасных участков на пешеходных путях (ограждение участков с разными планировочными отметками, размещение предупреждений о выступающих элементах фасадов зданий, средовых объектов, размещение противоскользящих покрытий на пешеходных путях);

- безопасное озеленение (отсутствие в пределах пешеходных путей растений с шипами, ядовитых растений, ветви деревьев вне путей пешеходного движения);

- освещение (освещение светопрозрачных общений, светопрозрачных движений, входных групп, подсветка ступеней лестниц).

Анализ информативности на участке среды показывает насколько своевременно маломобильные пользователи могут получать, осознавать информацию и соответственно реагировать на нее. Критерий информативности включает своевременное распознавание ориентиров в архитектурной среде, идентификацию своего местонахождения. Пользователи различных категорий мобильности должны иметь возможность получить информацию всеми доступными для них способами. Имеет значение возможность заблаговременного информирования, размещение информации, отсутствие помех для восприятия. Информативность среды для МГН определяется исходя из вида информирования.

Визуальные информаторы:

- изобразительные средства информирования (наличие указателей, номеров домов, названий улиц их соответствие требованиям восприятия, наличие стендов с информацией о районе, месте, здании соответствие требованиям восприятия, наличие обозначений парковочных мест для МГН, наличие карт маршрутов общественного транспорта на остановках;

- попутная разметка (выделение цветом опасных участков, контрастная окраска краев ступеней, обозначение опасных препятствий и прозрачных преград, дорожная разметка, направляющие линии на покрытии пешеходных путей);

- электронные визуальные средства информирования (табло и мониторы, не являющиеся рекламой, световые маяки, медиаафиши, медиакарты).

Акустические информаторы:

- звуковые маяки;

- акустические светофоры;

- звуковое дублирование визуальной информации (голосовое дублирование визуальной информации на стендах и медиакартах);

- системы усиления звука (наличие индукционной петли или других форм усиления звука).

Тактильные информаторы:

- тактильные обозначения;

- тактильная плитка;

- тактильные индикаторы;

- системы тактильного дублирования визуальной информации (мнемосхемы, надписи шрифтом Брайля, надписи рельефным шрифтом);

- изменение качества покрытий на путях движения (различный характер покрытий для разных функциональных зон).

Исследование качества комфортности участка проводится с точки зрения как физической, так и психологической. Комфорт достигается путем минимизации затрат физических и эмоциональных сил на удовлетворение своих нужд. Размещение доступных для МГН услуг, предоставление возможности своевременного отдыха, ожидания, дополнительного обслуживания, обеспечение условий для компенсации усилий, затраченных на движение и получение услуги.

Комфортность среды повышается путем применения эргономичного оборудования, предоставления попутной информации, увеличения числа мест отдыха, сокращения протяженности и времени пути. Основные критерии комфортности среды для проведения мониторинга:

- площадки кратковременного отдыха (наличие площадок кратковременного отдыха, размещение площадок, качество скамьи, наличие урны, наличие навеса, наличие свободного пространства для размещения кресла-коляски);

- попутное обслуживание (банкоматы, торговые автоматы, кнопки вызова персонала, точки доступа к сети Интернет, зарядные станции).

Экспериментальные натурные обследования территории проводились в рамках студенческого курсового проектирования. Результатом этого обследования стали проектные предложения по реорганизации среды на данном участке с целью улучшить качество доступности среды. Это качество весьма разнообразно для различных градостроительных условий. Нормирование в области обеспечения благоприятных условий проживания и деятельности инвалидов и других маломобильных граждан постоянно развивается [14]. Мониторинг и обследования среды – необходимые условия для своевременного внесения преобразований, актуализации ранее принятых планировочных решений в соответствии с действующей концепцией доступности среды и универсального дизайна.

Вывод. Растущий объем знаний в области информационно-коммуникационных техно-

логий позволяет нам предлагать решения, которые в полной мере используют потенциал технического прогресса. Это дает возможность по-разному управлять социальными, производственными и бизнес-процессами для повышения эффективности среды и удобства пользователей. В настоящее время многие аспекты использования современных коммуникаций можно увидеть в таких концепциях, как «Умные города», «Устойчивые города» и «Умные сети». Эти концепции подразумевают развертывание всеобъемлющих сенсорных сетей для сбора распределенных данных и генерации ценной информации, используемой для повышения качества жизни граждан.

Города – это сложные системы, характеризующиеся огромным количеством социальных связей, а также многочисленными видами транспорта и коммуникационных сетей. Концепция «Smart City» помогает муниципалитетам решать новые задачи, такие как потребление ресурсов, создание комфортных коммуникационных маршрутов [15]. Они могут быть решены с помощью ИТ технологий [16]. Новые вычислительные, сенсорные и телекоммуникационные технологии служат для обеспечения города информацией о работе систем и интеллектом для быстрых реакций и принятия решений в различных ситуациях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ахмедова Е.А. Инновационные стратегии в архитектурно-градостроительном комплексе // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Архитектура и градостроительство [Электронный ресурс]. Самара: СамГТУ, 2021.
2. Монастырская М.Е. «Реслободизация» городов – эффективный ответ на эпидемиологический вызов современности. Часть I: общие положения, гипотеза исследования // Градостроительство и архитектура. 2021. Т.11, № 1. С. 110–117. DOI: 10.17673/Vestnik.2021.01.15.
3. Монастырская М.Е. «Реслободизация» городов – эффективный ответ на эпидемиологический вызов современности. Часть II: предпосылки, алгоритмы, результаты // Градостроительство и архитектура. 2021. Т.11, № 2. С. 117–129. DOI: 10.17673/Vestnik.2021.02.17.
4. Тeryагова А.Н. Архитектурная концепция формирования безбарьерной среды для пожилых людей: дис. ... канд.арх. / СГАСУ. Н. Новгород, 2006. 220 с.
5. Dr. Michael Grieves “I called it Doubleganger” [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <http://docs.cntd.ru/document/446182075> <https://www.t-systems.com/de/en/newsroom/best-practice/03-2018-digital-twin/digital-twin-in-the-industry-4-0-interview-with-a-pioneer>.
6. 10 цифровых двойников городов. РБК[Электронный ресурс] – Режим доступа. URL: <https://realty.rbc.ru/news/5e297b079a79478024d54ff6>.
7. Lekareva N.A., Enyutina E.D., Utesheva G.T. Modern technologies of architectural and urban planning modeling in design and training // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Samara, 19 ноября 2019 года. Samara: IOP Publishing Ltd, 2020. P. 012091. DOI 10.1088/1757-899X/775/1/012091.
8. Ахмедова Е.А. Методы градостроительного регулирования региональной среды обитания (градостроительный мониторинг, оценка земель, прогноз развития): специальность 18.00.04: автореф. дис. ... доктора искусствоведения. Санкт-Петербург, 1994. 71 с.
9. Вавилова Т.Я., Изгина М.Э. Социологические опросы как инструмент управления комфортностью доступного жилья // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Архитектура и дизайн [Электронный ресурс]. Самара: СамГТУ, 2018. С. 7–12.
10. Краснов Т.Э., Ехлакова Е.А., Балявина Э.Р. Применение современных технологий при проведении социологических опросов в целях реализации исследовательского проекта // Формирование конкурентной среды, конкурентоспособность и стратегическое управление предприятиями, организациями и регионами: сб. ст. Пенза, 18–19 мая 2021 года. Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2021. С. 135–138.
11. Григорьев Н. RFID-технология: что это такое, как работает система, описание и применение [Электронный ресурс] Режим доступа: URL: <https://www.cleverence.ru/articles/rfid/rfid-tekhnologiya-chto-eto-takoe-kak-rabotaet-sistema-opisanie-i-primenenie>.
12. Higinio Mora, Virgilio Gilart-Iglesias, Raquel Pérez-del Hoyo, María Dolores Andújar-Montoya A Comprehensive System for Monitoring Urban Accessibility in Smart Cities [Электронный ресурс] Режим доступа: URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5579805/>.
13. Akhmedova E.A., Myatezhin M.D., Teryagova A.N. Structure of urban bioecogrocentres in context of universal design principles // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Samara, 19 ноября 2019 года. Samara: IOP Publishing Ltd, 2020. P. 012004. DOI 10.1088/1757-899X/775/1/012004.
14. Изнатьев И.А., Потуенко Н.Д. Мировой опыт проектирования и строительства комфортной жилой среды для среднего класса // Градостроительство и архитектура. 2017. Т. 7. № 1(26). С. 107–111. DOI 10.17673/Vestnik.2017.01.19.
15. Akhmedova E.A., Leonova V.A. Urban land planning for public spaces according to established zoning of cities and towns // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Moscow, 2020. P. 012144. DOI 10.1088/1755-1315/579/1/012144.
16. Intelligent Transport Systems: Methods, Algorithms, Realization / T. I. Mikheeva, I. G. Bogdanova, A. A. Fedoseev [et al.]. Saarbrücken: LAP LAMBERT, 2014. 164 p.

REFERENCES

1. Ahmedova E.A. Innovative strategies of architecture & planning complex. *Tradicii i innovacii v stroitel'stve i arhitekture. Arhitektura i gradostroitel'stvo, Samara, 2021*

[Traditions and innovations in construction and architecture. Architecture and urban planning]. Samara, SSTU, 2021, pp. 172-182. (in Russian)

2. Monastyrskaya M.Ye. "Reslobodization" of Cities as an Effective Response to the Epidemiological Challenge of the Contemporary. Part I: General Provisions, Research Hypothesis. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2021, vol. 11, no. 1, pp. 110-117. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2021.01.15.

3. Monastyrskaya M.Ye. "Reslobodization" of Cities as an Effective Response to the Epidemiological Challenge of the Contemporary. Part II: Preconditions, Algorithms, Results. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2021, vol. 11, no. 2, pp. 117-129. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2021.02.17.15.

4. Teryagova A.N. *Arhitekturnaya koncepciya formirovaniya bezbar'ernoj gorodskoj sredy dlya pozhilyh lyudej* [Architectural concept for forming a barrier-free urban environment for elderly people]. Samara, 2006. 157 p.

5. Grieves Michael "I called it Doubleganger". Available at: <https://www.t-systems.com/de/en/newsroom/best-practice/03-2018-digital-twin/digital-twin-in-the-industry-4-0-interview-with-a-pioneer> (accessed 18 April 2022)

6. 10 cifrovyyh dvoynikov gorodov. RBK [10 digital twin cities. RBC]. Available at: <https://realty.rbc.ru/news/5e-297b079a79478024d54ff6> (accessed 18 April 2022)

7. Lekareva N.A. Enyutina E. D., Utesheva G. T. Modern technologies of architectural and urban planning modeling in design and training. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2020, no. 775 (1), article number 012091. DOI:10.1088/1757-899X/775/1/012091

8. Ahmedova E.A. *Metody gradostroitel'nogo regulirovaniya regional'noj sredy obitaniya (gradostroitel'nyj monitoring, ocenka zemel', prognoz razvitiya)* [Methods of urban planning regulation of the regional habitat (urban planning monitoring, land assessment, development forecast)]. Saint-Peterburg, 1994. 71 p.

9. Vavilova T.YA., Iglina M. E. Sociological surveys as a tool for managing the comfort of affordable housing. *Tradicii i innovacii v stroitel'stve i arhitekture. Arhitektura i dizajn : sbornik statej* [Traditions and innovations in construction and architecture. Architecture and design: a collection of articles]. Samara, 2018, pp. 7-12. (in Russian)

10. Krasnov T.E. The use of modern technologies in conducting sociological surveys in order to implement a research project. [Formation of a competitive environment, competitiveness and strategic management of enterprises, organizations and regions, Penza, May 18-19, 2021]. Penza, 2021, pp. 135-138. (in Russian)

11. Grigor'ev N. *RFID-tehnologiya: chto eto takoe, kak rabotaet sistema, opisaniye i primeneniye* [RFID technology: what is it, how does the system work, description and application]. Available at: <https://www.cleverence.ru/articles/rfid/rfid-tehnologiya-chto-eto-takoe-kak-rabotaet-sistema-opisaniye-i-primeneniye> (accessed 18 April 2022)

12. Mora Higinio, Gilart-Iglesia Virgilio s, Pérez-del Hoyo Raquel, Andújar-Montoya María Dolores. A Comprehensive System for Monitoring Urban Accessibility in Smart Cities. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5579805/> (accessed 18 April 2022)

13. Akhmedova E.A., Myatezhin M. D., Teryagova A. N. Structure of urban bioecoagrocetres in context of universal design principles. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2020, no. 775 (1), article number 012004. DOI: 10.1088/1757-899X/775/1/012004

14. Ignat'ev I. A., Potienko N. D. World experience in design and construction of comfortable living environment for middle class. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2017, vol. 7, no. 1(26), pp. 107-111. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2017.01.19.

15. Akhmedova E.A., Leonova V. A. Urban land planning for public spaces according to established zoning of cities and towns. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2020, no. 775 (1), article number 012144. DOI: 10.1088/1757-899X/775/1/012144

16. Intelligent Transport Systems: Methods, Algorithms, Realization / Vol. I. Mikheeva I.G. Bogdanova A.A. Fedoseev [et al.]. Saarbrucken, LAP LAMBERT, 2014. 164 p.

Об авторе:

ТЕРЯГОВА Александра Николаевна

кандидат архитектуры, доцент, профессор кафедры градостроительства Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: ter_a_n@list.ru

TERYAGOVA Alexandra N.

PhD in architecture, Associate professor of Urban Planning Chair Samara State Technical University Academy of Civil Engineering and Architecture 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244 E-mail: ter_a_n@list.ru

Для цитирования: Терягова А.Н. Цифровой двойник доступной городской среды в рамках социально-пространственной концепции «Здоровый город» // Градостроительство и архитектура. 2022. Т. 12, № 3. С. 163-169. DOI: 10.17673/Vestnik.2022.03.23.

For citation: Rodionov I.K., Rodionov I.I. Digital Twin of Accessible Urban Environment in the Framework of the "Healthy City" Socio-Spatial Concept. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2022, vol. 12, no. 3, pp. 163-169. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2022.03.23.